



Mercator Research Institute on  
Global Commons and Climate Change gGmbH

# CO<sub>2</sub>-Entnahmen: Notwendigkeit und Regulierungsoptionen

Prof. Dr. Matthias Kalkuhl (MCC Berlin & Universität Potsdam)

6. September 2022

*Workshop der Wissenschaftsplattform Klimaschutz*

## **CO<sub>2</sub>-Entnahme (Carbon Dioxide Removal)**

---

- **Definition:** “*Entzug von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre und Bindung für eine Periode, die länger als ein Berichtsjahr bei der Erstellung von Treibhausgasinventaren sein muss.*”
- Sonst: willkürlicher Schwellenwert (z.B. 100 oder 1000 Jahre), der eine Reihe von vorliegenden Optionen zur Stärkung natürlicher Senkenfunktionen nur schlecht erfassen kann

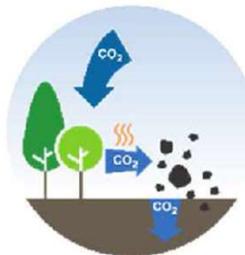


# Optionen für CO<sub>2</sub>-Entnahmen



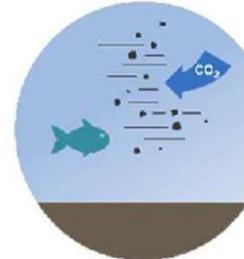
**Aufforstung und Wiederaufforstung**  
Baumwachstum entzieht der Atmosphäre CO<sub>2</sub>.

Permanenz: 10-100yr  
Reversibilität: reversibel



**Biokohle**  
Langfristige Speicherung des Kohlenstoffs in Pflanzen über Pyrolyse

Permanenz: 1-100yr  
Reversibilität: stabil



**Ozean-Akalisierung**  
Natürliche Substanzen, etwa zermahlene Mineralien, erhöhen den pH-Wert und so die CO<sub>2</sub>-Speicherung im Meer.

Permanenz: >1000yr  
Reversibilität: stabil



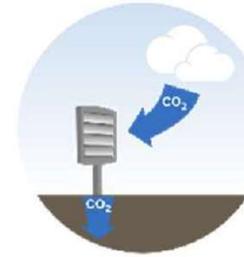
**Beschleunigte Verwitterung**  
Auf Landflächen verteilte, zerkleinerte Mineralien helfen, CO<sub>2</sub> aus der Luft chemisch zu binden.

Permanenz: >1000yr  
Reversibilität: stabil



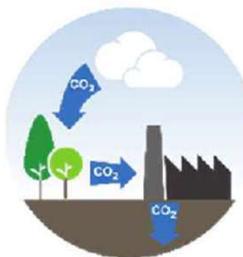
**Anreicherung von Kohlenstoff auf Äckern**  
Durch Zufügen durch klimafreundliche Praktiken in der Landwirtschaft.

Permanenz: 10-100yr  
Reversibilität: reversibel



**Luftfilter-Anlagen**  
CO<sub>2</sub> wird der Umgebungsluft durch chemische Prozesse entzogen und im Boden gespeichert.

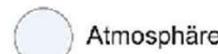
Permanenz: >1000yr  
Reversibilität: stabil



**Bioenergie mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Verpressung (BECCS)**

CO<sub>2</sub> wird zu Biomasse, die in Kraftwerken verfeuert wird. Dabei wird es abgeschieden, dann unterirdisch verpresst.

Permanenz: >1000yr  
Reversibilität: stabil



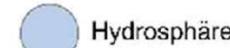
Atmosphäre



Lithosphäre



Biosphäre



Hydrosphäre

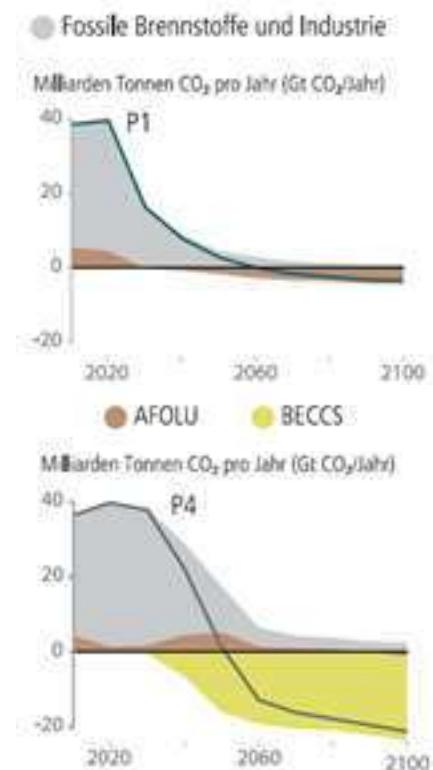
Fuss et al. 2021 / WPKS

## Notwendigkeit von CO<sub>2</sub>-Entnahmen

Zwei Gründe für CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre:

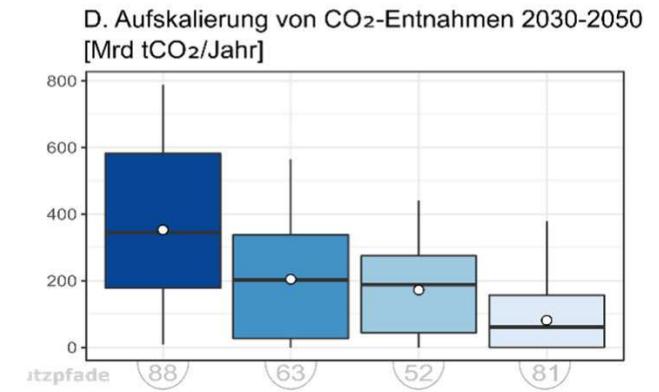
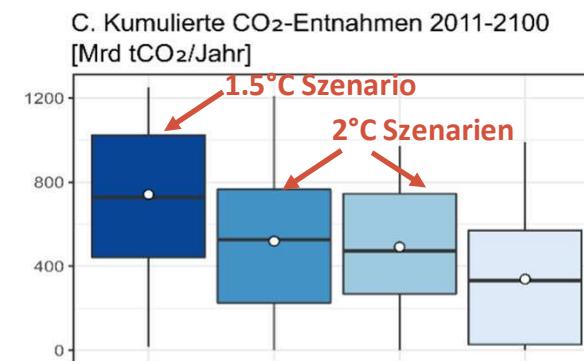
- 1) Kompensation von **Restemissionen**
- 2) **“Rückzahlung der CO<sub>2</sub>-Schuld”** einer temporären CO<sub>2</sub>-Budgetüberschreitung durch netto-Entnahmen von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre

→ Beide sind sowohl auf EU Ebene als auch im deutschen Klimaschutzgesetz angelegt



## Vermeidung vs. Entnahme

- IPCC Szenarien zeigen **großkaligen Ausbau von CDR** für das Erreichen der Pariser Klimaziele
- **Die Verzögerung ambitionierter Klimapolitik erhöht die Abhängigkeit von CDR**
- Bei schneller Emissions-Reduktion verringert sich CDR-Abhängigkeit
  - Siehe UBA RESCUE Szenario (Deutschland) mit entsprechenden Herausforderungen (keine Zunahme beim Flugverkehr ggü. 2010, starke Reduzierung der Tierhaltung, etc.)



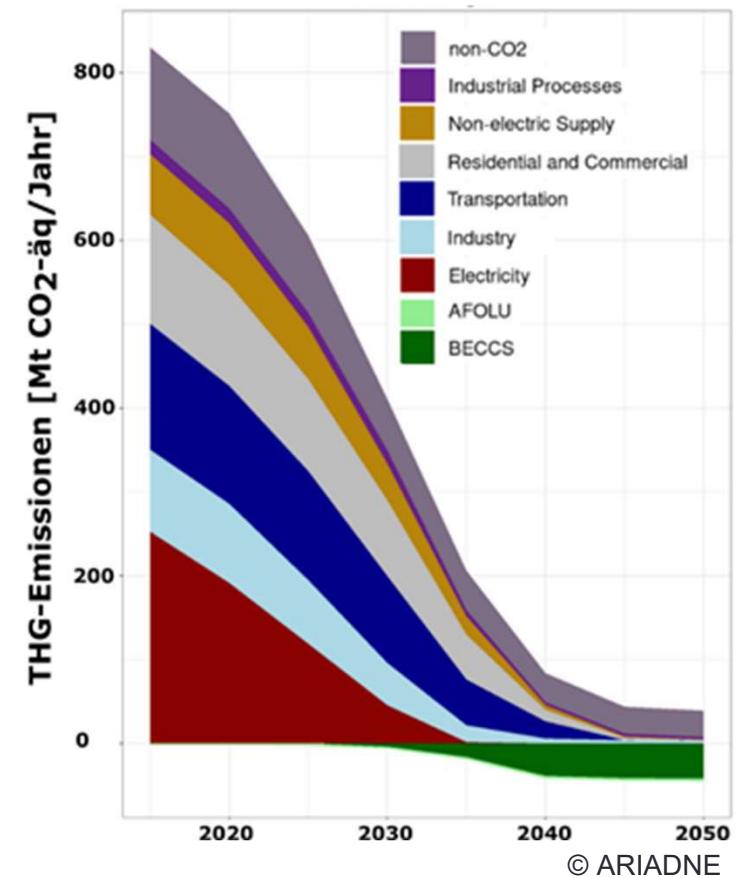
## Politik- und Innovationslücke bei CDR Entwicklung und Ausbau

---

- Wichtigster Zeitraum für CDR Einführung liegt **zwischen 2030 und 2050**
  - Deutsches Klimaschutzgesetz: CDR müsste schon bis 2040 in relevanten Mengen aufskaliert sein
- Innovationsliteratur: Entwicklung und **Einführung neuer Technologien nimmt mehrere Dekaden** in Anspruch; aber auch Entwicklung Governance-Rahmen
- Diese Dringlichkeit spiegelt sich bisher nur unzureichend in der Politik, Wirtschaft und Forschung wider
- **Jedoch:** steigendes Interesse privatwirtschaftlicher Akteure sowie erste CDR-Politikmaßnahmen und Förderprogramme für Forschung in einzelnen Ländern

## CO<sub>2</sub>-Entnahme in Deutschland

- Für Deutschland werden **Restemissionen i.H.v. 37-73 Mt CO<sub>2</sub>** erwartet
- **Kompensation der Restemissionen** soll laut deutschem Klimaschutzgesetz hauptsächlich durch den **Landsektor** erfolgen
  - Unklar, ob bei Fokus auf den Landsektor ausreichende Entnahmemengen bereitgestellt werden können
  - Probleme bei Permanenz, Reversibilität & Additionalität
- **Empfehlung:** Langfristigen Ausbau von CDR **technologisch breit anlegen**
  - Permanenz, Reversibilität, Aufwand für den Senkenerhalt, Seiteneffekte und Innovationspotential (Kostenreduktionen) berücksichtigen



## Potenziale in Deutschland

---

- Erste Schätzungen gehen davon aus, dass der Bedarf an CO<sub>2</sub>-Entnahmen in Deutschland (37-73 MtCO<sub>2</sub>/Jahr) lokal gedeckt werden könnte
  - Potenzial in 2030: **34-42 MtCO<sub>2</sub>/Jahr** (davon 22 Mt Waldsenke)
  - Potenzial in 2045: **103-116 MtCO<sub>2</sub>/Jahr** (davon 35 Mt Waldsenke)
- Entnahme-Potenziale der einzelnen Technologien im Jahr 2045

DACCS	16 MtCO <sub>2</sub> /Jahr	Pflanzenkohle	10 MtCO <sub>2</sub> /Jahr
BECCS	24 MtCO <sub>2</sub> /Jahr	Wieder-/ Aufforstung	2 MtCO <sub>2</sub> /Jahr
Beschleunigte Verwitterung	9 MtCO <sub>2</sub> /Jahr	Bestehende Waldsenke	35 MtCO <sub>2</sub> /Jahr
Anreicherung von Bodenkohlenstoff	3-6 MtCO <sub>2</sub> /Jahr	Agroforstsysteme	4-14 MtCO <sub>2</sub> /Jahr

## Instrumente zur CDR-Förderung

---

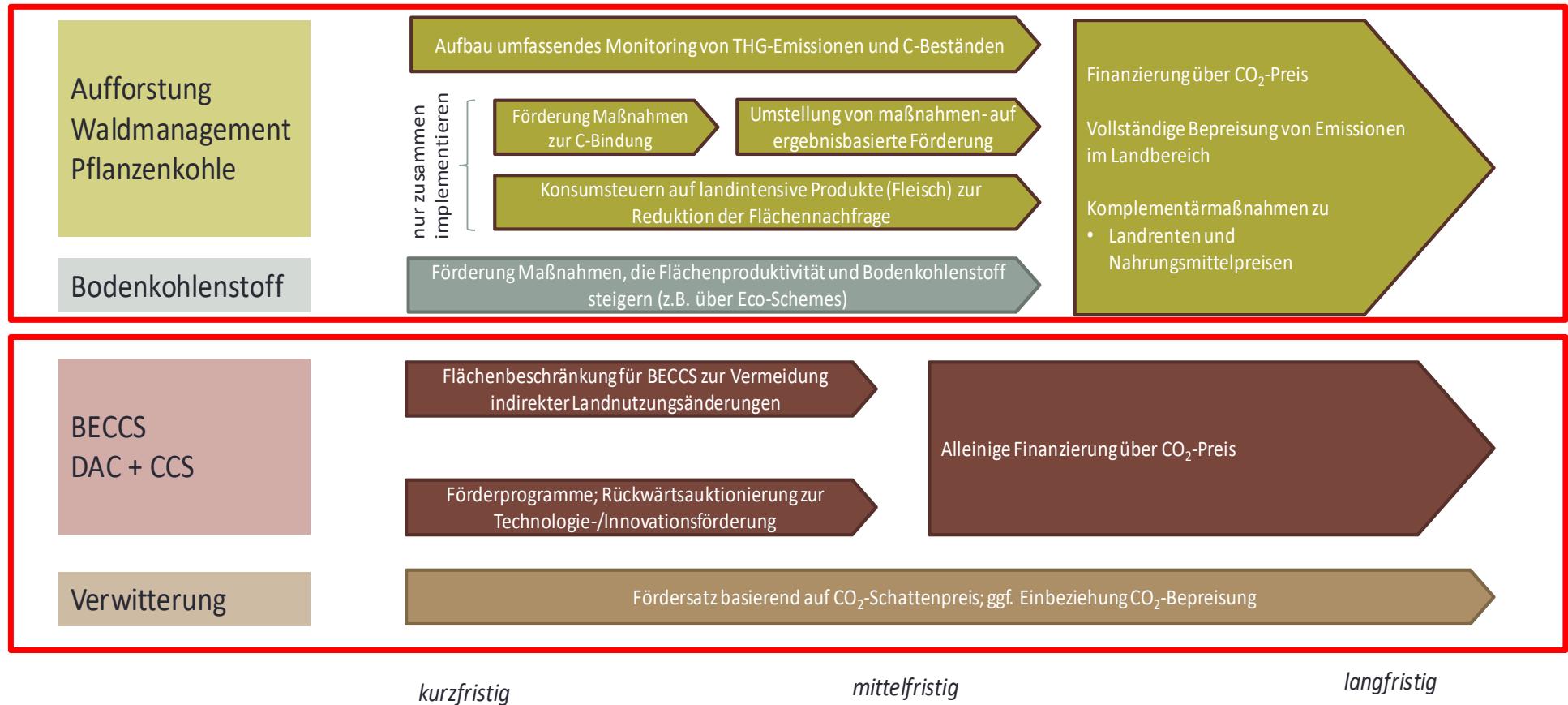
- Ein **CO<sub>2</sub>-Preis für CO<sub>2</sub>-Entnahmen** ist perspektivisch ein effektives Instrument
  - Umsetzung über separat festgesetzten Preis, separat festgesetztes Mengenziel (reverse auctioning) oder über die Integration in den EU-ETS
  - Erzielt kostenoptimales CDR Portfolio
- Neben der Anreizung gilt es aber auch andere **Externalitäten, Marktversagen und Nebeneffekte** zu berücksichtigen
  - Land-basierte Speicherung ist bzgl. Governance dabei deutlich anspruchsvoller als geologische Speicher (DACCs)
- Diese müssen durch **ergänzende Politikinstrumente** und/oder eine **Anpassung des angewendeten CO<sub>2</sub>-Preises** adressiert werden

## Anschlussfähigkeit Landsektor

---

- Land-basierte CO<sub>2</sub>-Senken könnten zeitnah im Rahmen bestehender Fördermaßnahmen (z.B. GAP, Ecoschemes) gefördert werden
  - Hierbei sind die besonderen Herausforderungen der CO<sub>2</sub>-Entnahme im Landsektor zu beachten
    - Monitoring und Verifizierung
    - Sicherstellung der Additionalität
    - Permanenz der Speicherung
    - Positive/Negative Umweltwirkungen
- z.B. durch Umstellung auf ergebnisorientierte (“performance-based”) Förderung von Projekten, Abschlagsfaktoren für den CO<sub>2</sub>-Schattenpreis bei mangelnder Permanenz und Umweltwirkungen, Hoftor-Bilanz Kohlenstoff...

# Möglicher Governance-Pfad für die Förderung von CO<sub>2</sub>-Entnahmen



## Zusammenfassung

- Breites Portfolio von CDR-Technologien nutzen (nicht auf eine einzelne Technologie/Maßnahme setzen)
- Frühzeitige Technologie-Förderung und Experimentieren mit Governance-Architekturen
- Landbasierte Maßnahmen schwieriger zu regulieren als geologische Einlagerung

[https://www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de/files/WPKS\\_Gutachten\\_MCC\\_PIK.pdf](https://www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de/files/WPKS_Gutachten_MCC_PIK.pdf)

